

天津市 2026 年高等教育（研究生） 国家教学成果奖申报书

成 果 名 称 服务海洋强国的多学科交叉海洋化工
紧缺人才培养体系构建与实践

成果完成人姓名 邓天龙 胡佳音 李 珑 许 涛
赵凯宇 王士强 赵 亮 许丽娜
余晓平 赵晓昱 张 蕾 韦会鸽
杨宗政 李桂菊 郭亚飞

成果完成单位名称 天津科技大学

成 果 门 类 工学

类 别 代 码 08031

推 荐 序 号 1005706

成 果 网 址 <http://yjs.tust.edu.cn/pygz/fqrzyjspy/>

推荐单位名称 天津科技大学 （盖章）

推 荐 时 间 2026 年 6 月 12 日

承诺书

本人申报 2026 年高等教育（研究生）国家教学成果奖，郑重承诺：

1. 对填写的各项内容负责，成果申报材料真实、可靠，不存在知识产权争议，未弄虚作假、未剽窃他人成果。

2. 成果奖评审工作期间，不拉关系、不打招呼、不送礼品礼金，不得以任何形式干扰成果奖评审工作。同时，对本成果的其他完成人提醒到位，如有违反上述规定的情况，接受取消参评资格的处理。

3. 成果获奖后，不以营利为目的开展宣传、培训、推广等相关活动。

成果第一完成人（签字）：_____

所在单位主要负责人签字（签章）：_____

2026 年 6 月 12 日

填 表 说 明

1. 成果名称：字数（含符号）不超过 35 个汉字。

2. 成果门类按照教育部颁布的学科专业门类分类填写。综合类成果填其他。

3. 成果类别代码组成形式为：abcde，其中：

ab：成果所属门类代码：哲学—01，经济学—02，法学—03，教育学—04，文学—05，历史学—06，理学—07，工学—08，农学—09，医学—10，军事学—11，管理学—12，艺术学—13，交叉学科—14，其他—15。

cd：评审具体领域：思想政治教育—01、推进科教融汇与产教融合—02、促进学科交叉—03、强化 AI 运用—04、优化课程建设—05、提升导师教学能力—06、创新教学方式方法—07、完善培养过程管理—08、深化评价改革—09、加强国际交流合作—10、其他 11。

e：成果属研究生教育填 1，本科与研究生共用^{*}填 2。

4. 推荐序号由 5 位数字组成，前两位为推荐单位代码，按照系统中各推荐单位代码填写，后三位为推荐单位推荐成果的顺序编号。

5. 申请单位需提供一个成果网址，将成果申请材料和认为必要的视频及其他补充支持材料放在此网址下，并保证网络畅通。

6. 成果曾获奖励情况不包括商业性的奖励。

7. 成果起止时间：起始时间指立项研究或开始研制的日期；完成时间指成果开始实施（包括试行）的日期；实践检验期应从正式实施（包括试行）教育教学方案的时间开始计算，不含研讨、论证及制定方案的时间。

* 本科与研究生共用教学成果只能选择高等教育（本科）或高等教育（研究生）其中之一申报。

8.成果由一所学校单独申报的，成果主要完成人最多 15 人；多校、多单位联合申报的，成果主要完成人可适当增加，但同一单位不得超过 15 人，总数不超过 20 人。

9. 本申请书统一用 A4 纸双面打印（封面去掉“附件”字样），正文内容所用字型应不小于 4 号字。需签字、盖章处打印复印无效。

10. 指定附件备齐后合装成册，但不要和申请书正文表格装订在一起；首页应为附件目录，不要加其他封面。

一、成果简介（可加页）

1.成果简介及主要解决的教学问题(不超过 1000 字, 仅限文本格式, 下同)

(1) 成果简介

培养海洋化工紧缺高层次人才, 是服务国家“海洋强国”战略、保障海卤水资源安全的迫切之需。本成果依托我校化学工程与技术(卤水化工领域全国唯一一本硕博培养单位)、海洋科学一级博士点及两个天津市高校服务产业特色学科群, 聚焦研究生培养中“学科不融、能力不实、标准不清”三大痛点, 历经多年探索与实践, 首创了“一核双驱三体系”海洋化工紧缺人才培养新模式(图1): 即以“服务国家海洋强国战略”为核心, 以“学科交叉融合、产教融合和科教融汇”为双驱动, 构建“多学科交叉课程体系、产科教协同育人体系、全周期学位论文质量保障体系”三个体系为强支撑, 根植海洋化工, 守正创新, 系统破解人才供给与产业需求不匹配问题, 为国家培养了一批海洋化工领域的紧缺高层次人才。



图1 “一核双驱三体系”的研究生紧缺高层次人才培养新模式

理念：以满足国家海洋化工紧缺高层次人才需求为导向，以“重构知识结构、贯通产教链条、严控培养质量”为突破口，创建了学科交叉与产教融合的课程群，切实实现“融、实、清”的要求：重构“资源—工艺—环境”全链条多学科交叉课程群，打破学科壁垒，筑牢学生跨学科交叉基础——着力做到“融”；构建“前沿—产业—未来”三阶递进产教教协同育人体系，沉浸式实战，全面提升学生解决复杂工程问题的创新实践能力——着力做到“实”；完善“标准—评价—奖惩”全周期学位论文质量保障体系，分类评价、闭环监控、以评促建——着力做到“清”。

方法：成果以“一核”为魂，以“双驱”为翼，构建了“三体系”的强支撑：① 重构“资源—工艺—环境”全链条课程体系。按“资源认知—工艺集成—环境评估”三阶递进重塑课程图谱，组建了“海洋+化工+环境”学科交叉联合的教学团队，以工程项目驱动课程联动，破解知识结构碎片化，培养学生跨学科系统思维。② “构建前沿—产业—未来”三阶递进产教教协同育人体系。学术型课题 100%源于国家级科研项目前沿问题，专业型论文 100%对接企业真实需求；建立“1+3”矩阵式导师团队，共建产教融合基地，开展沉浸式技术攻关；布局未来产业新赛道，推行研究生“揭榜挂帅”，实现科研创新到产业应用贯通。③ 完善“标准—评价—奖惩”全周期学位论文质量保障体系。分类制定学术型与专业型学位论文标准，首创学术创新性、工程经济性、生态合规性三维差异化评价；实施“开题—中期—预答辩—答辩”四节点全过程监控；建立“优秀论文培优”正向激励与“问题论文分级惩戒”反向阻击机制，形成质量闭环。

成果与影响：本成果 2021 年实施以来，已培养 5 届共 453 名研究生，研究生以第一作者发表高水平 SCI 论文 423 篇，授权发明专利 84 件（国际发明专利 4 件）；毕业生就业率 95.2%，进入海洋化工头部企业的比例由改革前的 13% 跃升至 35%；相关成果已在山东海化、天津长芦汉沽盐场等龙头企业实现产业化应用，直接经济效益超过 5 亿元。该培养模式已在中国海洋大学、河北工业大学等 8 所高校推广应用。团队获批教育部创新团队、全国黄大年式教学团队，获天津市教学成果一等奖 3 项、全国石油和化工教育教学优秀成果特等奖 1 项等省部级以上奖励多项。

(2) 主要解决的教学问题

① 学科不“融”：解决单一学科培养模式下研究生知识结构碎片化、与海洋化工全产业链需求脱节的问题。

② 创新实践能力不“实”：解决产科教协同机制不畅、研究生解决复杂工程问题创新实践能力不足的问题。

③ 论文评价标准不“清”：解决学术与专业学位评价标准趋同、人才供给与产业紧缺需求结构性错配的问题。

2. 成果解决教学问题的方法（不超过 1000 字）

本成果针对传统培养模式下“知识结构碎片化、实践能力脱节化、质量评价标准同质化”三大核心痛点，以“一核双驱三体系”为框架，系统重构了海洋化工紧缺人才培养路径（图 2）。



图 2 “一核双驱三体系”的人才培养新模式实施方案

(1) 三阶贯通，重构“资源—工艺—环境”全链条课程体系

针对传统培养中化工、海洋、环境课程割裂、知识碎片化、系统思维缺失的问题，成果以“三阶贯通”为核心理念，重构跨学科全链条课程体系，实现从“知识点叠加”向“系统能力生成”的转变。

① **课程群重构：从“碎片选修”到“三阶闭环”**。打破学科壁垒，将原 13 门零散选修课整合为“三阶贯通”课程群，新建 5 门交叉特色课程，形成“资源认知—工艺集成—环境评估”的闭环知识链。研一奠基：开设《海洋资源化学》等，建立资源观；研二融合：开设《绿色化工工艺设计》等，锻造工艺观；研三升华：开设《海洋生态环境保护》等，筑牢环境观，形成“资源认知—工艺集成—环境评估”全链条闭环知识图谱。

② **师资组织：从“单科讲授”到“跨学科教学团队”**。组建“化工+海洋+环境”学科交叉教师团队，化工教师负责工艺原理与参数优化，海洋教师聚焦资源赋存规律与原料差异分析，环境教师把控三废控制与绿色方案设计。考核由三方导师共同审定，多维视角、全程介入，保障跨学科教学目标一致落地。

③ **实践训练：从“孤立作业”到“项目贯通”**。以同一工程项目为载体，将课程作业升级为跨学期项目链，实现能力层层递进：资源课提出可规模化利用的资源清单，工艺课设计技术路线并量化能耗与成本，环境课完成全生命周期环境影响评估。通过“一个项目、三阶推进”，系统训练学生驾驭复杂工程问题的全链条思维能力。

(2) 构建“前沿—产业—未来”三阶递进产科教协同育人体系

针对科研对教学支撑不足、企业参与培养不深、学生能力与产业需求脱节的结构性矛盾，构建“1+3”矩阵式导师团队，学术型硕士配备 1 位主导师和多学科交叉 3 位副导师，专业型硕士配备 1 位主导师和工程与产业结合的 3 位副导师，打通产科教协同育人通道。

① **科教融汇育人：把“前沿问题”变成“育人场景”**。依托生物基纤维材料全国重点实验室、海水资源化学与食品技术教育部重点实验室等研究平台，将国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目等重大任务系统转化为研究生课题，100%学术型研究生课题源自国家级/省部级项目。

以科研项目为纽带，推动海洋化工分离—资源化学—生态保护三大学科深度融合，在“真课题、真平台、真攻关”中锻造学生多学科交叉创新能力。

② **产教融合育人：把“产线难题”变成“毕业设计”**。依托与企业联建的省部级协同创新中心、天津市产教融合研究生工作站和产业研究院等产业平台，建立“真题真做、研以致用”选题机制，将“海水淡化与膜浓缩膜分离”“浓海水锂镁高效分离”“海水电化学提溴”等企业关键技术问题直接转化为学位论文选题，专业型硕士毕业论文 100%来源于企业实际项目，34%技术方案直接落地为生产线改造。聘请企业高级工程师担任产业副导师，联合山东海化、中科院盐湖所等共建产教融合实践基地，实现“论文写在产品上、研究做在工程中、成果转在产线上”。

③ **前瞻布局育人：把“未来产业”变成“成长赛道”**。紧扣“双碳”战略、“AI+海洋化工”等国家科技发展重大战略需求，建设跨学科创新平台，实施“未来产业揭榜挂帅”课题制，支持博士生自主选题、自由组队、原创探索。与比利时根特大学等建立联合培养机制，常态化邀请院士等顶尖学者讲学，在跨文化、跨领域、跨边界的学术环境中，前瞻性培养引领未来产业发展的拔尖创新人才。

(3) 构建“标准—评价—奖惩”全周期学位论文质量保障体系

针对学术与专业学位论文评价标准趋同、工程价值弱化等问题，成果导向、分类施策，打造“源头定标—过程控质—结果问责”闭环管理体系。

① **标准端：分类定标，突出类型特征**。学术论文要求选题源于省部级以上科研项目，重点考察科学问题凝练与理论创新深度；专业论文实施“产业选题制”，成果形式涵盖工程设计图纸、技术标准等，创新性将“生态合规性”和“工程经济性”作为硬性评价指标，强化工程实践与社会价值导向。

② **评价端：四阶严控，权重错位纠偏**。构建“开题盲审—中期检查—预答辩与双盲外审—终期答辩”四个质控节点，校外专家占比 $\geq 50\%$ 。中期检查引入“红绿灯”预警机制：学术型启动导师团队学术约谈，专业型启动企业导师与校内导师联合约谈。首创学硕与专硕差异化三维评价标准，学硕学术创新性权重 50%，工程经济性与生态合规性各 25%；专硕学

术创新性权重降至 20%，工程经济性与生态合规性分别提升至 40%，学术创新性 20%，从制度上遏制“重学术轻工程”或“重应用弱创新”倾向。

③ **奖惩端：双向驱动，形成制度约束。**设立“优秀学位论文培优训练营”和“优秀学位论文奖”，将指导业绩与导师招生指标、职称评审挂钩；对盲审或抽检不合格论文实施分级惩戒，连续出现“问题论文”的导师暂停招生资格。学院实行年度质量报告制度，推动质量保障由“单点管控”向“全周期闭环”升级。

3.成果的创新点（不超过 800 字）

(1) 课程创新：打破学科壁垒，首创“资源—工艺—环境”三阶贯通的交叉课程新范式

针对传统海洋化工人才培养面临突出困境：化工、海洋、环境三大学科割裂导致的知识碎片化问题，本成果颠覆了“知识点叠加”的拼盘模式，首创以“系统能力生成”为逻辑主线的三阶贯通课程体系。遵循“资源认知-工艺集成-环境评估”的递进规律，将原有 13 门零散课程整合重构，新建 5 门跨学科核心课程，实现了从“学科导向”向“工程逻辑导向”的根本转变。配套组建了多学科联合教学团队，实施联合授课与跨学期项目链教学，使学生在同一工程载体中完成全周期闭环训练，解决了人才培养与产业系统性需求脱节的结构性矛盾。

(2) 机制创新：打通产教壁垒，构建“前沿—产业—未来”三阶递进的协同育人新体系

针对研究生培养长期“闭门造车”与产业实战脱节的痛点：本成果以“1+3”矩阵式导师团队为抓手，建立了产科教深度融合的制度化通道。学术型硕士 100%依托省部级以上纵向项目，锚定学术前沿；专业型硕士 100%承接企业真题，推行“企业出题、高校解题”的真做模式，34%的技术方案直接转化为产线改造方案，真正实现“论文写在产品上”。同时，前瞻布局“双碳”及“AI+海洋化工”等新赛道，通过“揭榜挂帅”引导研究生攻坚“卡脖子”技术，实现了科研反哺教学、产业定义课堂、未来引领方向的协同跃升。这一体系从导师配置、课题来源、成果转化三方面

实现了人才培养与产业需求的制度化对接，使“科教融合”和“产教融合”落地为可执行、可考核的培养模式。

(3) 评价创新：突破单一标准，构建学术型/专业型论文分类评价与全过程质量保障新机制

针对学硕创新深度不足、专硕工程价值弱化的顽疾：本成果解决了学术型硕士生专业型学术硕士培养同质化问题。在准入端分类制定学位授予标准，学术型突出理论创新，专业型将工程图纸、技术标准等纳入成果认定。在评价端首创三维差异化评价框架，使学术型和工程型人才各有侧重。在监控端建立多节点“红绿灯”预警与双向奖惩机制，将导师指导质量与招生指标、职称晋升挂钩。该机制实现了从“单点论文审查”向“全流程质量治理”的转型，确保了不同类型人才的分类培养目标精准落地。

4.成果的推广应用效果（不超过 1000 字）

(1) 研究生科研素养与综合能力显著提高

成果实施 5 年来，为我国盐湖与盐业化工产业群培养了国家急需的化学工程与技术专业博士 26 名、盐科学与工程专业博士后 4 名（外籍博士后 2 名），硕士毕业生 427 名。研究生参与横向项目 265 项。研究生发表高水平 SCI 论文 423 篇，其中影响因子大于 10 的国际顶级论文 51 篇；授权发明专利 84 件（国际专利 4 项）。研究生高质量就业率（攻读博士学位、出国深造和就职企事业单位等）由 54.5% 增至 95.7%，研究生获全国博士后创新创业大赛金奖 1 项、银奖 2 项，国际学术奖 3 项，国家级竞赛一、二、三等奖 8 项，省部级竞赛一等奖 8 项，是实施前获得实践和学科竞赛省部级一等奖及以上奖项的三倍多。毕业的研究生多人入选全国优秀共产党员、中科院百人计划、青海省高端创新人才千人计划、杭州市高层次人才高层次人才，成为海洋化工领域的中坚力量。

(2) 教学改革成果辐射广泛

成果实现了校内育人体系重构，产生显著示范效应。入选卤水资源综合利用教育部创新团队、生物基纤维材料全国高校黄大年式教师团队等，主持省部级教改项目 10 项，发表教改理论文章 11 篇，出版《水盐体系相

图及应用》等教材和专著 4 部，建成《水盐体系相图》等国家级一流本科课程 2 门。教学成果先后获天津市教学成果一等奖 3 项、中国石油与化工教育教学优秀成果特等奖 1 项，科研成果先后获中国专利银奖 1 项、天津市自然科学一等奖 1 项、天津市科技进步一等奖 2 项、天津市专利金奖 2 项。以西北大学高胜利教授为组长的鉴定委员会意见：“本成果...，填补了我国海洋化工高层次交叉人才培养的空白，总体达到国内领先水平”。在中国海洋大学、河北工业大学、青海大学等 8 所涉海高校推广应用。

(3) 服务国家战略需求，破解产业发展关键技术瓶颈

通过“企业出题、高校解题、学生做题”的闭环机制，34%的专硕论文方案直接转化为生产线改造方案，攻克在“海水淡化与膜浓缩膜分离”“高盐废水零排放”“海水电化学提溴”“高盐卤水稀散元素提取纺丝吸附材料关键技术”等关键领域产出具有国际影响力的原创成果，授权多项欧洲、土耳其等国际发明专利，在中盐集团、青海中信国安、盐湖集团等企业实现成果转化，新增产值超 5 亿元。研究生创办的江苏天科汉膜流体技术有限公司、浙江鸿波科技有限公司带动就业岗位三百余个，实现了“创新链—产业链—人才链”的贯通式融合，为国家海洋资源绿色高效开发利用提供了有力支撑。人民日报以《天津向海谋兴激活‘蓝色引擎’》为题，深度报道了项目团队在浓海水提锂、盐湖资源综合利用等领域取得的标志性成果。

(4) 行业与社会认可度高，形成品牌效应

成果获得学术界与产业界的高度评价。我国化学工程与技术领域的中国科学院张锁江院士评价认为“成果理念先进、体系完整、成效显著，可在涉海、涉矿跨区域、跨类型紧缺高层次人才培养工作中推广应用”。海洋科学领域的中国工程院张偲院士评价认为“本成果为我国海洋化工紧缺人才培养产生积极的示范作用，具有很好的推广和应用价值”。中国科学院盐湖研究所、自然资源部海水淡化与综合利用研究所等海卤水化工领域的科研院所以及山东海化等海洋化工领域的龙头企业对毕业研究生在基础理论、创新实践能力方面都给予了高度评价。

天津市 2026 年高等教育（研究生）

国家教学成果奖申报书

教学成果总结报告

成果名称 服务海洋强国的多学科交叉海洋化工

紧缺人才培养体系构建与实践

成果完成人姓名 邓天龙 胡佳音 李 琰 许 涛

赵凯宇 王士强 赵 亮 许丽娜

余晓平 赵晓昱 张 蕾 韦会鸽

杨宗政 李桂菊 郭亚飞

成果完成单位名称 天津科技大学

成果门类 工学

类别代码 08031

推荐序号 1005706

成果网址 <http://yjs.tust.edu.cn/pygz/fqrzyjspy/>

推荐单位名称 天津科技大学

推荐时间 2026 年 6 月 12 日

教学成果总结报告

一、成果形成的背景

进入新时代，随着国家“海洋强国”战略的深入实施，加快建设世界一流海洋化工产业已成为一项迫切的战略任务。海洋化工产业当前面临的挑战已从单一的资源开采转向绿色工艺设计、生态环境保护的全链条、多维度难题。破解这些难题，急需一批具备“化工+海洋+环境”跨学科视野、能够系统解决复杂工程问题的复合型紧缺人才。

然而，传统单一学科培养模式的局限性日益凸显，导致人才培养与产业需求之间存在显著的“结构性矛盾”。传统模式下，化学工程与技术学科背景的学生往往侧重于反应器设计与工艺参数优化，却忽视了对海洋资源禀赋特性的深刻理解；海洋科学学科背景的学生则可能对工艺集成的工程约束和生态红线缺乏系统认知。这种“知识链与产业链的脱节”，使得毕业生在面对“资源从哪里来、工艺怎么做、环境怎么保”这一系统性命题时，往往力不从心，难以形成全局性的解决方案。更为关键的是，高校的教学内容更新速度滞后于产业技术的迭代步伐，导致毕业生进入企业后需要较长的适应期，无法迅速成为攻克“卡脖子”难题的先锋力量。这种“知识结构碎片化、实践能力脱节化、人才供给错位化”的痛点，严重制约了我国海洋化工产业的高质量发展。

天津科技大学，作为一所以工为主、轻工立校的高校，在海洋化工领域积淀深厚、特色鲜明。学校化学工程与技术学科始建于1953

年，历经七十余年发展，已建成国内唯一的面向全国制盐与盐化工、卤水化工领域的本硕博及博士后完整培养体系，享有“盐业黄埔”美誉。海洋科学拥有一级学科博士学位授权点，环境科学与工程学科拥有“近海海水资源综合利用与环境保护”“陆海统筹和海洋碳中和技术”2个天津市高校服务产业特色学科群，这三个优势学科的深度交叉，不是简单的“物理叠加”，而是一场深刻的“化学反应”，它打通了“资源认知-工艺集成-环境评估”跨学科高层次紧缺人才培养路径，使学生具备从全局视角驾驭复杂海洋工程问题的系统性思维。

自2016年起，本成果教学团队在长期的教学改革实践中，提出了“一核双驱三体系”为核心的人才培养新模式，致力于培养能够“读懂资源地图、精通绿色工艺、筑牢生态红线”的跨学科高层次人才。通过将国家级科研项目中的前沿问题与产业一线的真实难题转化为教学资源 and 论文课题，让学生在真刀真枪的实践中，建立起将科学发现、技术创新与产业应用、环境约束紧密关联的工程师思维。这种能力的培养，不仅使毕业生能够快速适应产业需求，成为推动行业技术进步的中坚力量，更从根本上为高校探索如何服务国家战略、培养跨学科紧缺人才提供了可复制、可推广的“天科方案”。

二、成果简介

本成果紧密围绕国家“海洋强国”重大战略对海洋化工紧缺人才的迫切需求，依托天津科技大学化学工程与技术、海洋科学、环境科学与工程三个优势学科的深度交叉，针对传统单一学科培养模式下，知识结构碎片化、实践能力脱节化、质量评价标准同质化等核心痛点，

首创并深入实践了“一核双驱三体系”的海洋化工紧缺人才培养新模式（图1）。



图1 “一核双驱三体系”的人才培养新模式实施方案

“一核”，即以服务国家海洋强国战略为人才培养的核心目标，将“为党育人、为国育才”的初心使命贯穿于人才培养全过程。“双驱”，即以“学科交叉融合”和“产教融合、科教融汇”为两大核心驱动力，破除学科壁垒，打通高校、科研院所与企业之间的育人与创新链条。“三体系”，即构建了面向全链条的“资源—工艺—环境”

多学科交叉课程体系，解决了知识结构碎片化的问题；建立了“前沿—产业—未来”三阶递进的产科教协同育人体系，解决了人才培养与产业迭代不同步的问题；完善了“标准—评价—奖惩”全周期的学位论文质量保障体系，解决了质量评价标准同质化、论文工程价值弱化的问题。具体成果内容如下。

2.1 重构“资源—工艺—环境”全链条知识结构体系，破解“学科壁垒导致跨学科知识与技术系统集成能力缺失”的核心瓶颈

传统培养中，化学工程与技术、海洋科学、环境科学与工程三个学科的课程各自独立、平行设置，导致研究生知识结构严重“碎片化”，缺乏将“资源在哪里（海洋端）—工艺怎么做（化工端）—环境怎么保（环境端）”串联起来的系统性思维。这种“懂工序不懂系统”、“懂参数不懂红线”的知识断层，使得研究生在面对海卤资源开发中的复杂工程问题时，难以形成系统性的解决方案。基于此，我们以“三阶贯通”为核心理念，对研究生课程体系进行了根本性重构。课程群按“资源认知—工艺集成—环境评估”三个阶段逐层递进。同时，依托“化工+海洋+环境”学科交叉教学团队联合授课，以同一工程项目为载体，将课程作业升级为跨学期项目链，实现知识传授与能力培养的有机统一。这一体系从根本上打破了传统学科壁垒，系统构建了学生从全局视角驾驭复杂工程问题的跨学科思维框架（图2）。



图 2 “资源—工艺—环境”全链条知识结构体系

2.1.1 建设“三阶贯通”课程群，重塑全链条知识结构图谱

本成果将整个培养过程划分为三个逐层递进的阶段，构建了“资源端—工艺端—环境端”的贯通式课程图谱。打破学科壁垒，新建 5 门交叉特色课程，替代原有 13 门碎片化选修课。**研一（资源认知阶段）**：开设《海洋资源化学》等，主讲海卤水资源禀赋与分布规律，强化对海洋资源特性和经济性判断的能力，从源头上建立“资源观”。**研二（工艺集成阶段）**：开设《绿色化工工艺设计》、《水盐体系相

图》、《分离工程》等，聚焦海水制盐、海水提钾、卤水提锂等工艺，要求学生以真实海卤资源为样本，完成从原料到产品的工艺设计、模拟与经济性评价，锻炼“工艺观”。**研三（环境评估阶段）**：开设《海洋生态环境保护》等，要求学生完成对工艺过程的完整环境影响评价，筑牢“生态红线”意识，树立“环境观”。

2.1.2 打造多学科联合的教学团队，破解“学科壁垒”

组建了“化工+海洋+环境”学科交叉教师团队，共同承担核心课程的教学。例如在《绿色化工工艺设计》课程中，化工背景教师负责讲授工艺原理与参数优化，海洋背景教师则重点分析原料组分的差异对工艺选择的影响，环境背景教师则从“三废”排放的角度引导学生设计更环保的流程。考核由三方导师共同审定、评分，确保多维指导贯穿培养全过程。

2.1.3 项目驱动型课程论文报告，实现“学以致用”

以同一真实工程项目贯通课程群，构建“资源认知—工艺设计—环境评估”梯次递进的作业链。例如，以“某海域海水提锂”为工程情境：《海洋资源化学》立足资源端，依据该海域组分数据，筛选并论证可规模化开发的资源清单；《绿色化工工艺设计》立足技术端，设计吸附、膜分离等多元工艺路线，综合比选能耗、成本与工程可行性；《海洋生态环境保护》立足环境端，对既定工艺开展全生命周期环境影响评估，提出绿色化优化方案。三门课程作业环环相扣、前后贯通，有效破解知识结构碎片化难题，训练学生从资源开发到工程应用的系统思维。

2.2 构建“前沿—产业—未来”三阶递进产科教协同育人体系，破解“科研对教学支撑力度不足、企业参与培养程度较浅、学生能力与产业需求脱节”的结构性矛盾

针对目前高校人才培养节奏滞后产业技术迭代速度，科研对教学支撑力度不足，企业参与培养程度浅，教学内容更新滞后，毕业生进入企业后需较长适应期，难以迅速成为行业中坚力量的难题，本成果构建了“前沿—产业—未来”三阶递进产科教协同育人体系，以“1+3”矩阵式导师团队为核心，以重大科研项目为依托、企业真实需求为驱动，通过“科研导师筑牢基础、副导师拓展交叉、产业导师对接工程”的分工协同，打通了产教融合、科教融汇的育人通道（图3）。



图3 “前沿—产业—未来”三阶递进产科教协同育人体系

2.2.1 科教融汇——科研育人驱动，夯实基础理论和创新能力

依托“卤水资源综合利用”教育部创新团队、“生物基纤维材料”全国重点实验室、“海洋资源化学与食品技术”教育部重点实验室等国家及省部级平台，将导师主持的国家重点研发计划（2022YFE0125500）、国家自然科学基金重点项目（U21A20299）等项目中的前沿科学问题转化为研究生课题来源，学术型研究生课题100%依托国家级/省部级纵向项目。通过参与“**Aral Sea** 液体锂矿资源绿色高效提锂关键技术”、“渤海湾生态环境监测评估及污染控制技术研究”等国家级重大重点科技项目，培养多学科交叉的思维能力。

2.2.2 校企协同——产业育人驱动，打通产教融合通道

依托与企业共建的美丽海湾建设技术示范应用省部级协同创新中心、天津市产教融合研究生工作站和产业研究院等产业平台，建立“真题真做、研以致用”的专业型研究生课题选题机制。面向山东海化等龙头企业征集生产一线的真实技术难题和攻关需求，将“海水淡化与膜浓缩膜分离”“浓海水锂镁高效分离”“海水电化学提溴”等产业难题直接转化为学位论文选题，专业型硕士研究生毕业论文100%源自企业实际项目，34%方案直接转化为生产线改造，确保“论文写在产品上、研究做在工程中、成果转化在企业里”。

建立以本学科导师为主、交叉学科导师和企业导师为辅的“1+3”矩阵式导师团队。具体形式为：每位学术型研究生配备一位具有丰富教学经验和学术造诣的主导师和多学科交叉的三位副导师。每位专业

型研究生配备一位具有丰富实践经验的主导师和三位副导师，其中两位副导师由企业单位专家担任。

联合山东海化集团、青海中信国安、中盐集团、中科院海洋研究所等涉海龙头企业、科研院所，共建的产教融合实践基地。定期选派研究生进入“企业技术攻关营”，开展为期3-6个月的沉浸式技术攻关实习。通过这种“真项目、真环境、真过程”的培养方式，学生实现了从课堂学习者到工程实践者的角色转变。

2.2.3 未来产业导向——前瞻规划育人驱动，打造“经略海洋”价值引领、具有国际视野的未来产业赋能育人链条

服务国家战略、引领未来产业，关键在于将人才培养的前沿探索与产业发展的“无人区”紧密结合。为此，围绕“双碳”战略、AI+海洋化工等国家科技发展重大战略需求，前瞻性布局了“海水中战略元素（氘、铀等）提取技术”、“海洋盐业化工与光伏耦合的‘盐光互补’工艺”、“数字孪生与AI驱动的智能盐田采收系统”等未来产业新赛道。建立未来产业项目库和开放基金，更将这一前瞻布局转化为博士生与博士后培养的“硬核”载体，使人才培养直接对接未来产业的技术源头。

① 以“课题制”锻造博士生的原始创新能力。面向博士研究生全面推行“未来产业揭榜挂帅”课题制。以国家和天津市发布的“双碳”战略、AI+海洋化工等前沿领域“卡脖子”难题榜单，博士生可根据自身研究兴趣“揭榜”。在课题执行过程中，自主完成从文献调研、方案设计到实验验证的全流程，导师团队则从“指挥者”转变为

“护航者”。这种模式倒逼博士生跳出舒适区，在解决真问题、硬难题的过程中，锤炼其从0到1的原始创新能力和复杂工程问题的系统解决能力。近五年，已有超过30%的博士课题直接源自这些未来产业榜单，产出的10余项原创性成果已申请国际专利3项，获得全国博士后创新创业大赛金奖1项，银奖2项。

② 以“国际化”拓展师生前瞻视野。与比利时根特大学等国际顶尖高校建立了“未来产业联合培养计划”，每年选派5-8名优秀博士生和博士后前往对方实验室开展为期6-12个月的联合研究，聚焦“海洋负排放”“AI+海洋化工”等前沿课题。主办了“盐湖与盐业国际高级学术交流会”“‘一带一路’国际盐湖与盐业创新科技交流会”“第21届全国化学热力学与热分析学术会议暨2024盐湖与盐业发展高峰论坛”等国际国内大型学术会议（图4）。邀请张锁江院士、张偲院士、韩布兴院士、祝京旭院士等国际知名专家来校开设“未来产业大师讲堂”。我们不仅邀请大师“讲”，更鼓励学生与大师“辩”，在课堂和论坛上直面学术前沿、碰撞思维火花。近五年，联合培养的研究生已在国际顶级期刊发表高水平论文10余篇，真正做到了“走出去”学习世界一流，“请进来”引领产业发展。



图 4 主办国际国内大型学术会议

2.3 构建“标准—评价—奖惩”全周期学位论文质量保障体系，破解“质量评价标准同质化，学位论文产业适配性弱化”的突出问题

目前学术型与专业型学位论文评价标准趋同，导致两类人才培养出现双重偏差：专业型学位论文对工程应用价值考量不足，选题偏重学术理论，忽视经济性、生态合规性与工程可实现性，成果难以落地转化；学术型学位论文的创新深度与理论贡献同样缺乏系统的分类引导和过程保障，选题与学科前沿、原创性科学问题脱节明显。基于此，我们以学术型和专业型分类设计为核心，在标准端分别制定两类学位论文授予标准，在评价端实施差异化四节点全过程监控，在奖惩端分类设立培优训练营和评选机制，形成正向激励与反向阻击并重的闭环管理。构建了覆盖“标准端—评价端—奖惩端”三阶全周期的质量保障闭环（图 5）。



图 5 “标准—评价—奖惩”全周期学位论文质量保障体系

2.3.1 标准端：分类制定《学术型与专业型学位论文授予标准》

我们率先打破了学术型与专业型论文“一套标准管到底”的现状，分别制定了两套独立的授予标准体系。

学术型学位论文授予标准要求选题必须来源于国家自然科学基金、国家重点研发计划等省部级以上科研项目的前沿科学问题或关键理论环节，成果形式包括高水平学术论文、专著或论文章节、授权国

内外发明专利等。核心评价维度重点考察“科学问题的凝练能力、理论创新的深度、研究方法的科学性及其成果的学术贡献”，同时强调“研究过程的严谨性”和“学术规范的严格遵守”，将学术道德和科研诚信纳入评价特色指标。

专业型学位论文授予标准则全面对接产业需求，实施“产业选题制”，论文选题 100%源自企业技术需求或省部级以上科研项目工程应用环节，未通过企业合规性审核不得开题，企业导师参与指导比例达到 100%。成果形式不限于学术论文，还认可产品研发报告、工程设计图纸、技术标准草案、授权发明专利等。核心评价维度突出考察“解决复杂工程问题的能力”和“工程实践价值”，并创新性地将“生态合规性”和“工程经济性”作为硬性指标纳入评价体系，填补了该领域人才培养评价的空白。

2.3.2 评价端：实施“四节点”全过程质量监控

我们设置了“开题盲审—中期检查—预答辩—终期答辩”四个严格的质量控制节点，校外专家占比不低于 50%，并**首创学术型与专业型论文差异化三维评价标准**，从制度上避免“重学术、轻工程价值”或“重应用、弱创新”的偏差。

在差异化三维评价标准方面，我们将**学术创新性、工程经济性、生态合规性**作为三类核心评价维度，并为学术型与专业型论文分别赋予不同权重。其中，学术型论文的学术创新性权重为 50%，工程经济性与生态合规性各占 25%；专业型论文的学术创新性权重降至 20%，工程经济性与生态合规性分别提高至 40%。这一设计既保留了学术型

论文对机理与原创的侧重，又强化了专业型论文在成本可行性、产业转化潜力、生态红线与全生命周期影响等方面的考察。

在四节点全过程质量监控中，**开题盲审阶段**实行分类管理。学术型采用“导师把关+学科组评审+学院督导”机制，由校内学术评审专家和学科负责人对选题的理论前沿性与科学价值进行评价；专业型则实行“企业出题+导师把关+学院审题”机制，企业专家在选题评审会中占比不低于 50%，从源头上保证论文的工程属性和产业价值。**中期检查环节**，两类论文统一引入“红绿灯”预警机制，对进度落后或方向偏离的研究生亮出“黄灯”或“红灯”。学术型启动导师团队学术约谈；专业型则启动企业导师与校内导师联合约谈，共同制定补救方案，实现过程可追溯、可干预。**预答辩与双盲外审阶段**，两类论文均需通过教育部学位中心平台的双盲评审。学术型评审专家依据学术型标准，重点评价论文的理论创新、方法严谨性和学术贡献；专业型评审专家则依据专业型标准，按照三维评价权重，重点评价论文的技术贡献、工程经济性和生态合规性。**终期答辩环节**，学术型增设“理论贡献与学术表达”双维度评分，答辩委员会需要有校外同行学术专家；专业型增设“技术贡献与工程表达”双维度评分，答辩委员会中必须有企业专家，从产业应用前景和工程实现角度对论文进行打分。两类论文通过答辩后，均须经过“答辩后修改确认”环节，由导师团队审核把关，确保终稿质量。

2.3.3 奖惩端：建立“正向激励+反向阻击”的奖惩机制

正向激励：设立“优秀学位论文培优训练营”，对具有潜力的论文给予资源倾斜和重点指导。设立“优秀学位论文奖”，对获奖学生及其导师进行重奖，并将导师指导优秀学位论文的业绩纳入年度考核，与招生指标、职称评审等挂钩。

反向阻击：实行“问题学位论文”分级惩戒。对盲审或抽检不合格的论文，视情节严重程度，分别给予“限期修改重审”、“延期答辩”直至“取消答辩资格”的处分。对导师实行责任追溯，连续多年出现“问题论文”的导师将被暂停招生资格。学院层面建立“学位论文质量年度报告”制度，对质量不高的学科方向进行约谈整改。

三、成果的推广应用效果

自 2021 年实施以来，本成果在人才培养质量、产业服务能力、教学改革辐射和社会影响力等方面取得了显著成效，形成了可复制、可推广的海洋化工紧缺人才培养新模式。

4.1 人才培养质量显著提升

(1) 科研创新能力持续增强。成果实施以来，累计培养海洋化工领域博士研究生 26 名、硕士研究生 427 名，获得全国“工程硕士实习实践优秀成果获得者”等省部级荣誉称号 3 人，天津市优秀学位论文 7 篇，获省部级及以上创新创业大赛和学科竞赛奖 37 项，其中国际学术奖 3 项、国家级奖励 11 项、省部级奖励 26 项，是实施前获得实践和学科竞赛省部级一等奖及以上奖项的三倍多。参与横向项目 265 项，发表 SCI 论文 423 篇，其中影响因子大于 10 国际顶级论文

51 篇，授权发明专利 84 件，其中国际专利 4 件，研究生主持相关项目 12 项。赴境外做大会和分会报告 5 人次，斩获国际学术大奖 3 项（李珑获亚洲首位获得国际盐湖学会最高奖“Willian D.Williams Award”、陈尚清获 IUPAC 第 36 届国际溶液化学大会“YOUTH-FORUM Award”、赵凯宇获国际盐湖学奖 Salinology Award）。在“海水淡化与膜浓缩膜分离”“浓海水锂镁高效分离”“海水电化学提溴”等关键领域产出具有国际影响力的原创成果，获中国专利银奖、天津市自然科学和科技进步等省部级及以上科技成果奖 14 项，充分彰显了“化工+海洋+环境”多学科交叉培养在科研创新能力上的显著优势。

(2) 就业质量稳步提高。研究生高质量就业率(攻读博士学位、出国深造和就职企事业单位等)由 54.5%增至 95.7%，进入中盐集团、山东海化、青海中信国安等海洋化工头部企业的比例由 13%提升至 55%。毕业的研究生多人入选全国优秀共产党员（吴怡）、中科院百人计划（高洁）、青海省高端创新人才千人计划（王士强）、杭州市高层次人才高层次人才优秀人才（高道林），涌现出金盛海洋科技股份有限公司张大腾董事长、江苏天科汉膜流体技术有限公司张楠总经理、乌兹别克斯坦卡尔希国立技术大学化工与生物技术学院院长 Murodjon Samadiy 教授、自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所孙康瑞副研究员等优秀人才，已成长为海洋化工领域的中坚力量。

4.2 团队建设成效斐然

(1) 团队先后获批全国高校黄大年式教学团队、“卤水资源综合利用”教育部创新团队、全国高校“双带头人”教师党支部书记“强

国行”专项行动团队、全国党建工作样板支部等国家级和省部级荣誉，并支撑建设了科研、校企等育人平台。

(2) 教学团队主持完成天津市研究生教改重点项目 3 项和一般项目 2 项，发表教学改革论文 11 篇。获天津市教学成果一等奖 3 项和二等奖 2 项、中国石油和化工教育教学优秀成果特等奖等省部级以上教学奖 6 项。建成国家级一流课程《水盐体系相图》《环境生态与健康》2 门，教育部拓金计划在线示范课程《轻化工废水污染控制理论与技术》1 门，获天津市高校课程思政优秀教材奖等，出版《水盐体系相图及应用》《环境生态与健康》等特色教材。

4.3 服务产业能力持续增强

通过“真题真做、研以致用”选题机制，34%的专硕论文方案直接转化为生产线改造，参与攻克“海水淡化与膜浓缩膜分离”“高盐废水零排放”“海水电化学提溴”“高盐卤水稀散元素提取纺丝吸附材料关键技术”等关键技术难题 100 余项，成果已在山东海化等头部企业实现产业化应用，累计为企业创造近 5 亿元的经济效益。学生创办的江苏天科汉膜流体技术有限公司、浙江鸿波科技有限公司等迅速成长，带动就业岗位三百多个，为地方税收和产业结构升级作出了积极贡献（图 6）。



图 6 校企合作情况

4.4 成果推广示范效应显著、社会影响力持续提升

(1) 成果推广应用。本成果已在中国海洋大学、河北工业大学、青海大学等 8 所涉海高校推广应用。各应用院校普遍反馈,建立的“一核双驱三体系”为核心的人才培养模式,打通了多学科深度交叉、产科教协同育人新路径,为培养国家跨学科紧缺高层次人才提供了系统性强、可复制、可推广的育人范式。

(2) 专家评价:中国科学院院士张锁江教授评价“本项教学成果理念先进、体系完整、成效显著,可在涉海、涉矿跨区域、跨类型紧缺高层次人才培养工作中推广应用”。中国工程院院士张偲教授评价该成果“理念先进、体系完整、成效显著,为我国海洋化工紧缺人才培养产生积极的示范作用,具有很好的推广和应用价值”。

(3) 成果鉴定：鉴定委员会一致认为“该成果理论研究系统、实践成效突出，创新性、示范性鲜明，在海洋化工紧缺人才培养中产生了积极的示范作用，整体达到国内领先水平。建议进一步加大宣传推广力度，持续完善优化，以发挥更大效益”。

(4) 行业评价：山东海化股份有限公司出具效果证明，指出“输送至我单位的研究生展现出鲜明的交叉学科培养优势……不仅具备扎实的海洋化工与化学工程理论基础，还能灵活运用化学、材料、环境等多学科知识，系统解决复杂工程问题，在实际工作中表现出卓越的工程实践能力、跨领域创新思维和突出的团队协作精神”。该培养体系“有效对接了国家海洋强国战略对复合型紧缺人才的需求，取得了显著的人才培养成效”。

(5) 政务（新闻）评价：国内主流媒体人民日报以《天津向海谋兴激活‘蓝色引擎’》为题，深度报道了项目团队在海卤水资源综合利用等领域取得的标志性成果，充分肯定了对我国海洋化工产业发展的支撑作用。

四、结束语

面向“海洋强国”的时代召唤，海洋化工紧缺高层次人才的培养责任重大、使命光荣。“一核双驱三体系”人才培养新模式，是我们围绕“为谁培养人、培养什么人、怎样培养人”这一根本问题，进行的一场系统性、深层次的改革探索。从“资源—工艺—环境”全链条课程体系的重构，到“前沿—产业—未来”三阶梯进育人体系的构建，

再到“标准—评价—奖惩”全周期质量保障体系的完善，我们以学科交叉融合与产科教协同为双翼，以服务国家战略为核心引擎，成功破解了长期困扰高校的“知识结构碎片化、人才培养滞后化、质量评价单一化”三大难题，探索出一条具有天科特色、行业标杆意义的海洋化工紧缺人才培养新路径。

未来，我们将持续深化“一核双驱三体系”的创新内涵，深入推进数字赋能教学与产教融合平台的迭代升级，进一步打破学科壁垒、校际壁垒与校企壁垒，努力为国家培养更多“懂技术、会创新、善实践”的海洋化工领军人才。我们坚信，在科教兴国与人才强国战略的指引下，这一模式必将在更广范围内落地生根，为我国从“海洋大国”迈向“海洋强国”贡献更加坚实的天科力量与科大智慧。